

## VARIAÇÃO DO INCREMENTO ANUAL AO LONGO DO FUSTE DE *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES IDADES E DENSIDADES POPULACIONAIS

ANNUAL INCREMENT VARIATION ALONG STEM OF *Pinus taeda* L. IN DIFFERENT AGES AND POPULATION DENSITIES

César Martins Andrade<sup>1</sup> César Augusto Guimarães Finger<sup>3</sup> Cláudio Thomas<sup>2</sup> Paulo Renato Schneider<sup>4</sup>

### RESUMO

A variação do crescimento anual em diferentes alturas do fuste de *Pinus taeda* L. foi estudada por meio da análise de tronco em árvores do estrato dominante e médio. Foram coletadas secções transversais ao longo do fuste de 9 árvores-amostra, tomadas na base, à altura do peito (DAP), e após, a cada metro. A amostragem foi constituída de 4 árvores provenientes de Canela, Rio Grande do Sul, em floresta com 17 anos de idade, submetida a um desbaste, e 5 árvores de Ponte Alta do Norte, Santa Catarina, em floresta com 34 anos, submetida a cinco desbastes. Os resultados, expressos na forma percentual do incremento em área basal na posição "i", sobre o incremento em área basal ao nível do DAP, mostraram a forte variação na deposição anual de lenho ao longo do fuste em função da densidade populacional, caracterizando os efeitos da competição e da liberação pela execução do desbaste. Árvores sujeitas à competição mostraram maior crescimento nas partes superiores do fuste, enquanto que árvores sob menor concorrência apresentaram maior crescimento em posições inferiores, facilmente identificadas pela forma e inclinação das curvas de incremento.

**Palavras-chave:** área basal; forma do tronco; análise de tronco; crescimento.

### ABSTRACT

The variation of the annual growth in different heights of the stem of *Pinus taeda* L. was studied through the stem analysis, accomplished in dominant and medium stratum trees. Cross sections were collected along the stem from 9 sample trees on the base, breast height diameter (BHD) and after these positions, at every meter. The sampling was constituted of 4 trees coming from Canela, Rio Grande do Sul, in a 17-years-old stand, submitted to one thinning, and 6 trees from Ponte Alta do Norte, Santa Catarina, in a 34-years-old stand, submitted to five thinnings. The results, expressed in percentage of the basal area increment in several positions of the tree height, showed strong variation in the annual deposition of wood along the stem in function of the populational density, characterizing the effects of the competition and of the thinning liberation. Trees subjected to the competition showed larger growth on top parts of the stem, while trees under smaller competition presented larger growth on lower positions, easily identified by the form and inclination of the increment curves.

**Keywords:** basal area; taper; stem analysis; growth.

### INTRODUÇÃO

Na atividade florestal, a abordagem de informações referentes ao processo fisiológico do crescimento das árvores é de extrema importância, trazendo subsídios para as intervenções na dinâmica da floresta, no intuito de explorar racionalmente a produção.

São inúmeros os fatores que influenciam no desenvolvimento de uma árvore, sejam estes elementos do ambiente (luz, temperatura, umidade, vento, etc), ou fatores relacionados à concorrência do povoamento, como a densidade. Neste contexto, algumas pesquisas buscam estudar o efeito do ambiente e de práticas

1. Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97960-600, Santa Maria (RS). Bolsistas PIBIC/CNPq. cesarmartins@mail.ufsm.br
2. Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97960-600, Santa Maria (RS). Bolsistas PIBIC/CNPq. claudio4022002@yahoo.com.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. finger@smail.ufsm.br
4. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. paulors@smail.ufsm.br

Recebido para publicação em 21/11/2005 e aceito em 24/04/2007.

silviculturais sobre a distribuição do incremento anual de madeira ao longo do fuste das árvores. Tal processo fisiológico repercute diretamente na forma das mesmas e, conseqüentemente, no sortimento de produtos madeiráveis oriundos da floresta.

Pressler *apud* Assmann (1970), em sua “lei da formação do tronco”, formulou a hipótese de que “o incremento anual em área basal é proporcional ao potencial da copa da árvore e distribui-se uniformemente nas diferentes porções do tronco, inclusive naquelas livres de ramos”. Posteriormente, verificou que esta teoria não era correta. Von Guttenberg, em 1915, observou que a largura do anel de crescimento era variável ao longo do tronco de uma árvore. Verificou, em povoamentos adultos de *Picea abies*, que o incremento diamétrico diminuía progressivamente da base do tronco a posições superiores, voltando a aumentar novamente na região próxima à copa. Essas observações foram comprovadas por Topcuoglu em 1940, baseado em experimentos realizados com a mesma espécie, nos quais constatou que um valor mínimo de incremento diamétrico ocorria a aproximadamente 1/5 da altura total das árvores (MITSCHERLICH, 1970; KRAMER, 1988).

Assmann (1970) expandiu o estudo sobre o incremento ao longo do fuste de *Picea abies*, estudando árvores distribuídas em diferentes classes de idade e sob efeito da concorrência, chegando a descrever que, em geral, a largura do anel de crescimento em árvores situadas no interior do povoamento decresce da base do tronco até um valor mínimo localizado entre 1 e 12 m de altura, de onde aumenta até regiões no interior da copa. Dessa forma, ocorre um máximo de incremento na parte inferior do tronco e outro na região da copa, passando por um valor mínimo entre eles.

Segundo o autor, em árvores de povoamentos jovens que crescem sob concorrência, o mínimo do incremento em diâmetro ocorre próximo à altura do peito (dap); em povoamentos de meia idade isto ocorre a uma altura entre 4 e 8 m, e, em povoamentos velhos a, aproximadamente, 12 m de altura. Dessa forma, foi possível generalizar que as alturas em que foram encontrados os valores mínimos de incremento variam com a classe sociológica da árvore, porém, de maneira geral, isto ocorre em torno de 21% da altura total.

O aumento do incremento na região da copa foi explicado por Topcuoglu em 1940, ao descobrir uma redução, na ordem de 2% por metro, na concentração de seiva no floema a partir da base da copa em direção a posições inferiores do fuste. Com isso, a quantidade de produtos assimilados nas partes basais é reduzida, revelando a influência do fluxo descendente de materiais fotossintetizados sobre a deposição anual de lenho no tronco das árvores (ASSMANN, 1970).

A distribuição do incremento anual de madeira ao longo do fuste de uma árvore está intimamente relacionada com as condições do sítio e/ou posição sociológica da mesma. Árvores dominantes distribuem seu incremento em pontos distintos daqueles observados em árvores médias e dominadas. Nas dominantes, pouco influenciadas pela concorrência, foram verificados altos valores de incremento em diâmetro na base, os quais diminuía acentuadamente à medida que aumentava a altura, fazendo com que o tronco adquirisse um formato parabolóide (VON GUTTENBERG *apud* ASSMANN, 1970; KRAMER, 1988). Da mesma forma, Hohenadl *apud* Schneider (1993) supunha que as árvores dominantes desenvolviam na base maiores incrementos para garantir maior suporte ao peso da copa e tronco. Já em árvores médias ou dominadas, sujeitas intensamente à competição, há uma tendência em depositar maior incremento nas posições superiores do fuste, de tal maneira que estas adquiram uma forma mais cilíndrica.

Assmann (1970) concluiu que a variação do clima também afetava a distribuição do incremento em árvores dominantes. Verificou que as árvores apresentavam comportamento diferente em situações de déficit hídrico e de disponibilidade de água, considerando que, no primeiro caso, os maiores incrementos tendem a deslocar-se para posições superiores do fuste, sendo que, no segundo momento, os incrementos mais representativos ocorrem em posições inferiores. Comenta ainda que em árvores co-dominantes e suprimidas, estes fatores ambientais exercem menor influência, porém, posteriormente, alguns estudos verificaram que, em anos secos, todas as classes apresentavam tendência em reduzir o depósito de incremento nas partes inferiores do tronco. A mesma relação de distribuição do incremento também foi observada com a execução de desbastes, principalmente quando estes foram de forte intensidade, quando a árvore remanescente, após a liberação, deslocou seu incremento máximo para a região basal do fuste. Tão logo o povoamento inicia a ter o dossel fechado novamente, reduzindo a intensidade luminosa no interior da floresta, há um deslocamento do incremento máximo para as partes superiores do tronco.

Na teoria da “aceleração do processo natural de crescimento”, Assmann (1970) analisou a reação dos povoamentos florestais a desbastes, relatando que as árvores remanescentes passavam a apresentar, imediatamente após a liberação, altos valores de incremento, devido ao melhor aproveitamento dos fatores ambientais. Mason *apud* Schneider (1993) relatou que, em muitos casos, este fenômeno não foi imediato, podendo a árvore levar até 4 anos ampliando sua copa e sistema radicular. Nesse caso, a reação da árvore de transferir a energia produzida para a adaptação à nova situação ambiental torna-se mais sujeita à ação dos ventos, apresentando arquitetura da copa e tronco mais vulneráveis. Com isso, muitas vezes os incrementos iniciais, logo após o desbaste, podem ser lentos. Tão logo a árvore finaliza a recuperação da sua copa, retoma o crescimento, produzindo incrementos mais expressivos, concentrando-os principalmente na região inferior do tronco.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivos específicos observar a variação do incremento anual de madeira ao longo do fuste de *Pinus taeda* L., analisando árvores de diferentes posições sociológicas e densidade populacional, do mesmo modo que se pretende verificar o efeito da execução de desbastes sobre este processo fisiológico.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local da coleta de dados

Para a realização deste estudo, foram amostradas árvores de *Pinus taeda* L. originadas de povoamentos distintos, quanto ao local e à idade. Um conjunto de árvores foi amostrado na Agropecuária Fazenda do Ipê, localizada no município de Canela – RS, entre as coordenadas geográficas de 29° 18' latitude Sul e 50° 53' longitude Oeste, a uma altitude aproximada de 1.000 m em relação ao nível do mar.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Cfb<sub>1</sub>, tratando-se de um clima temperado, com temperaturas variando de 22°C, no mês mais quente, até -3°C, no mês mais frio, registrando uma temperatura média anual de 18°C. A precipitação média anual é de 1.821 mm, distribuída regularmente ao longo do ano.

A área da fazenda enquadra-se na Unidade de Mapeamento de Solos Bom Jesus, onde predominam solos profundos, moderadamente drenados, friáveis e ácidos, sendo classificados como cambissol húmico (CARRARO *et al.*, 1974).

O povoamento foi implantado em espaçamento inicial 3 x 3 m e contava com 17 anos de idade. Ao longo do ciclo desta floresta, foi realizado apenas um desbaste pesado aos 11 anos de idade, reduzindo a área basal do povoamento de 40 para 21 m<sup>2</sup> por hectare.

Outro grupo de árvores foi amostrado em povoamentos da empresa Seiva S/A – Florestas e Indústrias, no município de Ponte Alta do Norte – SC, sob as coordenadas geográficas 27° 07' de latitude Sul e 50° 26' de longitude Oeste. A altitude do local é bastante variável, ficando dentro das isométricas 800 e 1.200 m acima do nível do mar (SANTA CATARINA, 1986).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo “Cfb”, subtropical úmido com verões frescos, não apresentando estação seca definida. Dados obtidos pela estação meteorológica da empresa indicam uma precipitação média anual de 1.740 mm e temperatura média de 16,8°C.

O solo da região apresenta os tipos TBHa2 e Cha5, ambos caracterizados como cambissolo bruno húmico álico de textura argilosa, com face pedregosa e não-pedregosa (SANTA CATARINA, 1986).

O povoamento foi implantado inicialmente em espaçamento de 2,5 x 2,5 m e contava com 34 anos de idade. Ao longo do ciclo da floresta, foram executados 5 desbastes: aos 9, 11, 14, 19 e 29 anos de idade, remanescendo aos 34 anos 202 árvores por hectare.

As árvores amostradas em ambos os locais não tiveram coordenadas e distância face às suas concorrentes medidas, sendo classificadas somente em relação à altura; este fato garante apenas o conhecimento de sua condição atual, o que não torna possível descrever a situação das mesmas em períodos anteriores, como por exemplo, na época da execução dos desbastes.

### Processo de amostragem

Ao todo foram abatidas 9 árvores, sendo 4 oriundas da floresta do município de Canela – RS e 5 árvores de Ponte Alta do Norte – SC. A amostragem consistiu de 4 árvores médias e 5 dominantes, sendo utilizado como critério de seleção da árvore média a metodologia descrita por Finger (1992), que considera o indivíduo com diâmetro de área basal média aritmética de um povoamento. Para a seleção das árvores dominantes, foi utilizado o conceito da altura dominante de Assmann, que considera a árvore com diâmetro médio aritmético das 100 árvores mais grossas por hectare.

As árvores selecionadas foram abatidas para a realização da análise de tronco, segundo metodologia específica (FINGER, 1992). Destas árvores foram retiradas secções transversais nas posições de 0,30 m, dap e a partir desta, a cada metro. Posteriormente, estas secções foram secas, lixadas e levadas ao Laboratório de Crescimento e Produção Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, para a medição dos anéis de crescimento, com auxílio do aparelho Lintab II conectado ao software Tsap Version 3.0. Ao final das medições, estas árvores tiveram o perfil do seu crescimento traçado, com a utilização do software AutoCAD 2002.

### Construção dos gráficos

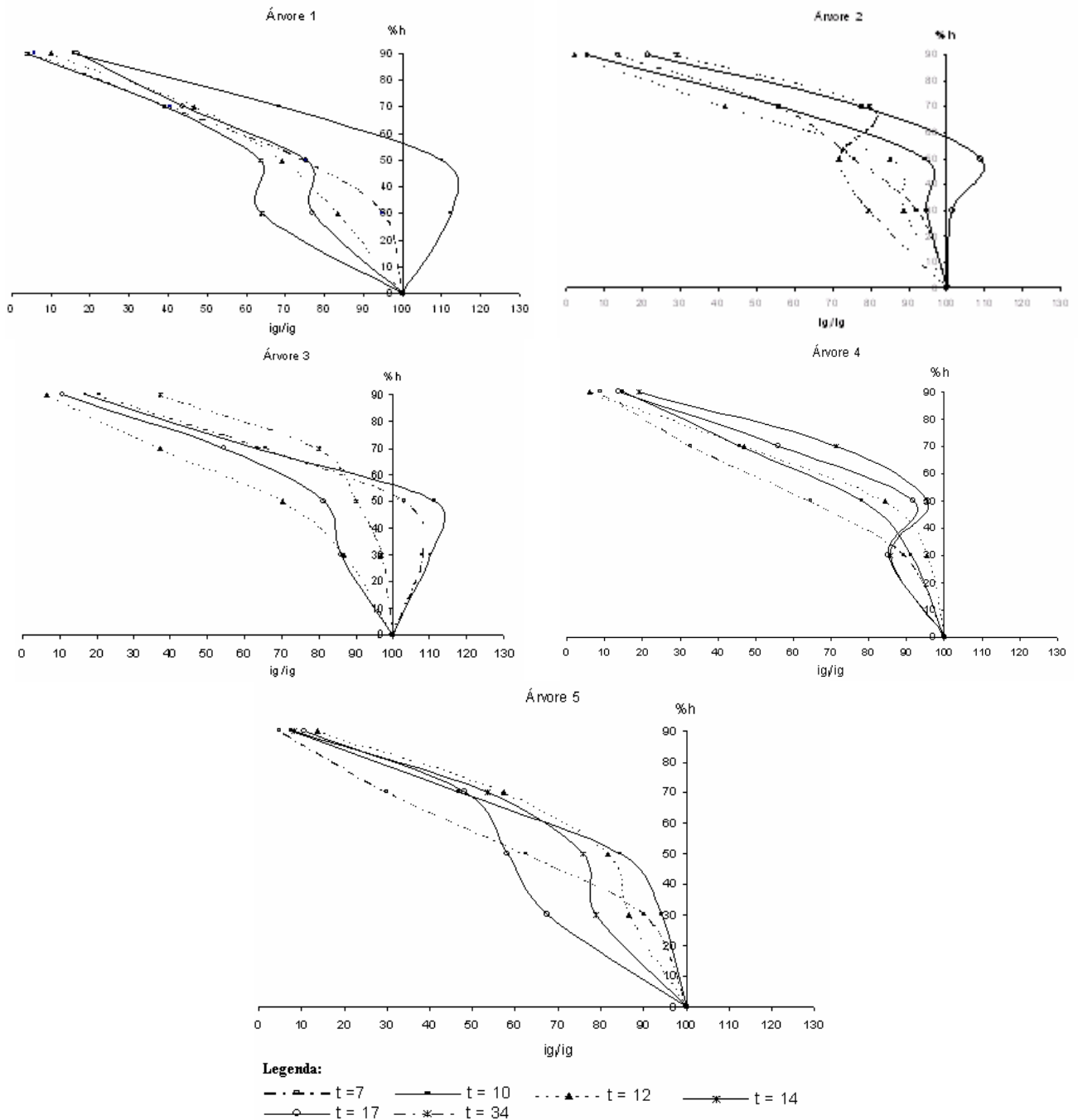
Para a representação gráfica do incremento anual em área basal nas diferentes posições do fuste das árvores, foram consideradas as idades de 7, 10, 12, 14 e 17 anos para os indivíduos de Canela – RS, e 7, 10, 12, 17 e 34 para as árvores de Ponte Alta do Norte - SC. Sobre o perfil de crescimento das árvores desenhado em AutoCAD, foram mensurados os incrementos em diâmetro ao dap e nas posições relativas de 30, 50, 70 e 90% da altura total da árvore. A coleta destas informações permitiu o cálculo da área basal em diferentes porções do fuste nas respectivas idades, para que, ao final, fosse possível ser traçada uma representação gráfica destes incrementos em percentagem, adotando-se a relação do incremento em área basal na *i*-ésima posição (*ig<sub>i</sub>*) sobre o incremento em área basal ao dap (*ig*) para cada idade.

Neste trabalho, optou-se por excluir a representação gráfica dos incrementos mensurados abaixo do dap, pelo fato de estes apresentarem valores extremamente altos, chegando a alcançar 200%, o que descaracterizaria a escala gráfica das figuras.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As representações gráficas (Figuras 1 e 2) demonstram a variação da distribuição do incremento ao longo do tronco das 9 árvores de *Pinus taeda*, em diferentes idades.

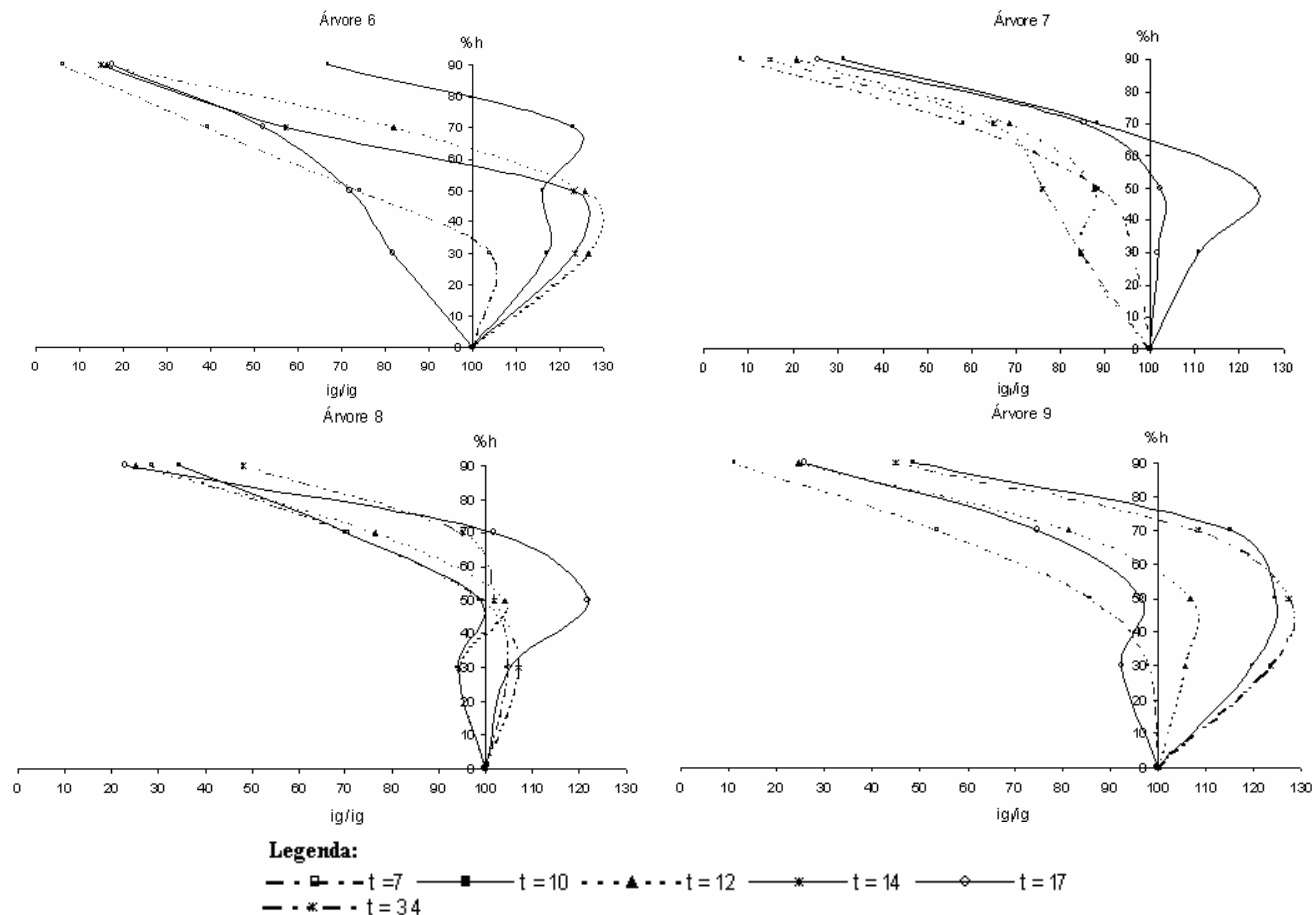
Na Figura 1, estão representados, para diferentes alturas relativas, os valores de incremento expressos na forma percentual do incremento em área basal da posição “*i*”, sobre o incremento em área basal ao nível do dap, para as árvores de altura dominante 1, 2, 3, 4 e 5. Os indivíduos de altura média, número 6, 7, 8 e 9 respectivamente, podem ser vistos na Figura 2. As árvores amostradas em Canela – RS (árvores 1, 4, 5 e 6), com 17 anos, tiveram sua representação pelas idades 7, 10, 12, 14 e 17; já as árvores amostradas em Ponte Alta do Norte – SC (árvores 2, 3, 7, 8 e 9), com 34 anos, tiveram as idades 7, 10, 12, 17 e 34 representadas.



Em que: %h = posições relativas em percentagem da altura;  $ig_i$  = incremento em área basal na  $i$ -ésima posição;  $ig_g$  = incremento em área basal ao nível do DAP; t = idade considerada.

FIGURA 1: Incremento percentual de área basal nas diferentes alturas relativas em relação ao incremento no nível do DAP, para árvores dominantes.

FIGURE 1: Basal area increment in percentage at different relative heights in relation to the basal area at the DBH level, for dominant trees.



Em que: %h = posições relativas em percentagem da altura;  $ig_i$  = incremento em área basal na i-ésima posição;  $ig$  = incremento em área basal ao nível do DAP; t = idade considerada.

FIGURA 2: Incremento percentual de área basal nas diferentes alturas relativas em relação ao incremento no nível do DAP, para árvores médias.

FIGURE 2: Basal area increment in percentage at different relative heights in relation to the basal area at the DBH level, for dominant trees.

Ao sétimo ano, as 9 árvores apresentaram comportamento semelhante com relação à variação do incremento ao longo do fuste, sendo observada uma curva acentuada à esquerda (Figuras 1 e 2), representando que os maiores incrementos em área basal ocorreram nas regiões inferiores do tronco. As árvores 3, 6 e 8 apresentaram os maiores valores de incremento em área basal entre o dap e 50% da altura total, chegando estes à ordem de 110%. Nessa idade, provavelmente o povoamento não havia entrado em competição, haja vista que não foi verificada diferença significativa no comportamento das curvas de árvores médias e dominantes.

O décimo ano caracterizou-se pelo deslocamento do incremento para as porções superiores do fuste, em que as árvores 1, 3, 6, 7 e 9 apresentaram valores superiores a 110%, em posições que vão desde o dap até 75% da altura total. Nas árvores médias 6 e 9, o deslocamento acentuado da curva para a direita atingiu valores superiores a 120%, confirmando as afirmações de von Guttenberg *apud* Kramer (1988), o qual cita que árvores sujeitas ao efeito intenso da concorrência tendem a depositar maiores incrementos na região superior do fuste, tendendo a uma forma mais cilíndrica. Nas demais árvores-amostra, as quais nesta idade não apresentaram deslocamento da curva para a direita do eixo das ordenadas, os valores observados foram relativamente altos, todos próximos de 100%, em posições que vão desde o dap a 50% da altura total da árvore.

Entre as idades 10 e 12 anos, foram realizados desbastes em ambos os povoamentos, sendo possível identificar o efeito desta prática silvicultural na forma das curvas.

Nesta idade, as árvores 1, 3, 7 e 9 sofreram mudança na distribuição do incremento quando comparadas ao décimo ano, demonstrando que o desbaste trouxe melhoria nas condições do sítio, de maneira que as árvores concentraram maior incremento na região basal do fuste.

As árvores 2 e 5 seguiram esta mesma tendência, porém, não de forma tão acentuada como nas árvores comentadas anteriormente. Nos indivíduos 4, 6 e 8, a curva deslocou-se mais à direita, indicando que os mesmos não foram totalmente favorecidos pela liberação com a execução do desbaste, ou que ainda estavam em fase de reconstituição de copa para a posterior retomada do crescimento, como descrito por Mason *apud* Schneider (1993).

No décimo quarto ano, as árvores dominantes 1 e 4 apresentaram curvas acentuadas à esquerda. Nesta mesma idade, vale ressaltar a variação de crescimento ocorrida na árvore 5, que continuava a depositar maiores incrementos nas partes superiores do fuste mesmo com a realização do desbaste.

A árvore média número 6 apresentou curvas semelhantes no décimo, décimo segundo e décimo quarto ano, sendo todas deslocadas acentuadamente à direita, o que, em tese, entende-se como desfavorecida de condições de crescimento.

Aos dezessete anos, as dominantes 1, 3 e 5 apresentaram curvas para a esquerda, o que indica uma melhor condição quando comparadas ao décimo quarto ano. As demais demonstraram tendência de deslocamento para a direita, sendo observado que as árvores 2, 7 e 8 apresentaram elevados valores de incremento a 50% da altura total.

No trigésimo quarto ano, as árvores 2, 3 e 7 apresentaram maiores deposições de lenho nas posições inferiores do fuste, o que pode estar associado ao efeito do desbaste realizado aos 29 anos de idade. As árvores médias 8 e 9 apresentaram maiores taxas de incremento em regiões próximas a 50% da altura do tronco, chegando a atingir valores de incremento na ordem de 130% nessas posições.

Nesta última condição, a tendência de distribuição do incremento ao longo do fuste observada nas árvores 8 e 9 não apresentou a forma esperada; no entanto, este fato pode estar associado a copas danificadas ou de pequena dimensão. Vale ressaltar ainda que as árvores, nesse período, dispunham de um espaço vital médio de 49,5 m<sup>2</sup> cada, o que não caracteriza uma condição de intensa concorrência. Essa análise, entretanto, precisaria ser respaldada em dados referentes às condições da copa e demais informações sobre a concorrência a que as árvores estavam sujeitas naquela idade. A ausência de tais dados permite apenas a análise da tendência de distribuição do incremento com base no conhecimento de estudos semelhantes. É possível verificar mudanças na forma do fuste, o qual tende a formas mais cilíndricas com o aumento da competição, em decorrência da maior formação de lenho nas porções mais altas do tronco.

## CONCLUSÕES

Os resultados sobre a variação do incremento em área basal ao longo do fuste de árvores dominantes e médias, em talhões desbastados de *Pinus taeda*, permitem concluir que: árvores que crescem espaçadas apresentam maior incremento anual nas porções inferiores do tronco; sob efeito da competição, decorrente do crescimento e aumento da idade das árvores, ocorre o deslocamento dos máximos de incremento para posições mais altas do tronco a, aproximadamente, 50% da altura total da árvore, voltando o incremento a diminuir em alturas superiores; após a redução da competição entre as árvores com a execução do desbaste, os maiores incrementos voltam a ocorrer nas porções inferiores do fuste, levando-o a uma forma de mais cônica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMANN, E., **The principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970 506p.
- BALDAM, R. L.; COSTA, L. **AutoCAD 2002, utilizando totalmente**. São Paulo : Érica, 2003. 486p.
- CARRARO, C. C.; GAMERMANN, N.; EICK, N. C. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 1974. 29p.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, 1992. 269p.
- KRAMER, H.: **Waldwachstumslehre**. Hamburg und Berlin: Paul Parey, 1988. 374p.

MITSCHERLICH, G. **Wald, Wachstum und Umwelt: Form und Wachstum von Baum und Bestand.** Frankfurt am Main: Sauerland, 1970. 142p. erste Band.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Sub-chefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina.** Rio de Janeiro : Aerofoto Cruzeiro, 1986. 176p.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: UFSM, 1993. 348p.